

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-075493

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

G03F 7/20  
H01L 21/027

(21)Application number : 10-259491

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 28.08.1998

(72)Inventor : TANAKA KAZUMASA  
SUWA KYOICHI

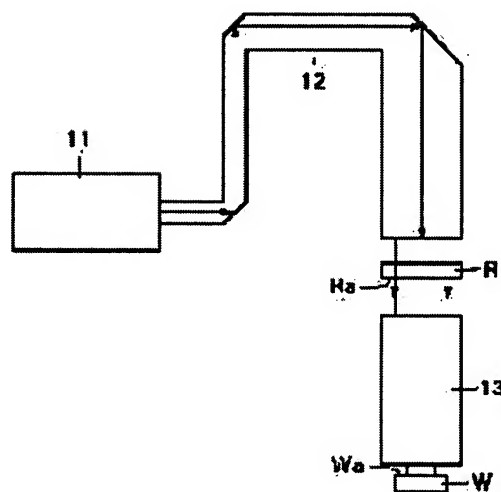
## (54) ALIGNER AND ITS ADJUSTING METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an adjusting method for an aligner capable of sufficiently enhancing optical performance in use environment when the refractive index of air in adjustment environment is different from that in the use environment.

SOLUTION: This aligner is equipped with a light source 11, an illumination optical system 12 uniformly illuminating a pattern on an original plate R with light from the light source, and a projection optical system 13 projecting light passing through the pattern to a photosensitive surface on a substrate W and performing exposure. In the adjusting method for the aligner to be used in the use environment in which the refractive index of the air is different from that in the adjustment

environment after adjusting the aligner in the adjustment environment; the light source 11 is constituted so that the wavelength of the light emitted from the light source can be adjusted, and wavelength different from that of the light from the light source at the time of adjusting the aligner in the adjustment environment is used as the wavelength of the light from the light source 11 at the time of using it in the use environment.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] Light source. Lighting optical system which illuminates the pattern on the original edition uniformly by the light from this light source. The projection optical system which projects the light which passed the aforementioned pattern on the sensitization side on a substrate, and exposes it. It is the adjustment method of the aligner equipped with the above, and the aforementioned light source is constituted so that the wavelength of the light which this light source emits can be adjusted, and it is characterized by using different wavelength from the wavelength of the light from the aforementioned light source when adjusting on the aforementioned adjusting-ring boundary as wavelength of the light from the aforementioned light source when using it by the aforementioned operating environment.

[Claim 2] It is the adjustment method of the aligner according to claim 1 which the aforementioned projection optical system consists only of a refracted type optical element, or consists of a refracted type optical element and a reflected type optical element, and is characterized by forming all the aforementioned refracted type optical elements of the same \*\* material.

[Claim 3] The aforementioned light source is the adjustment method of the aligner according to claim 1 or 2 characterized by oscillation wavelength being laser 250nm or less.

[Claim 4] Light source. Lighting optical system which illuminates the pattern on the original edition uniformly by the light from this light source. The projection optical system which projects the light which passed the aforementioned pattern on the sensitization side on a substrate, and exposes it. It is the aligner equipped with the above. this aligner It is installed in the operating environment in which the refractive index of air differs from this adjusting-ring boundary after being adjusted on an adjusting-ring boundary. the aforementioned light source It is characterized by being adjusted so that the light of different wavelength from the wavelength of the light used as wavelength of the light from the aforementioned light source when being constituted so that the wavelength of the light which this light source emits can be adjusted, and using it by the aforementioned operating environment when it adjusted on the aforementioned adjusting-ring boundary may be emitted.

[Claim 5] The adjustment method of optical system characterized by providing the following. The 1st process which uses inspection light with the 1st wave, and inspects and adjusts the optical-character ability of optical system under the 1st environmental condition. The 2nd process which asks for use light with the 2nd wave which is different based on the difference between the 2nd environmental condition for which the aforementioned optical system is used, and the 1st environmental condition in the 1st process of the above in the 1st aforementioned wave at the time of the aforementioned optical system being used under the 2nd environmental condition. The 3rd process which leads use light with the 2nd aforementioned wave called for according to the 2nd process of the above to the aforementioned optical system.

[Claim 6] The aforementioned optical system is the adjustment method of the optical system according to claim 5 characterized by being the projection optical system which projects the image of the predetermined pattern formed on a mask on a photosensitive substrate.

[Claim 7] The manufacture method of the aligner equipped with the light source which outputs light

with predetermined criteria wavelength in order to illuminate the mask with which the predetermined pattern characterized by providing the following was formed, and the projection optical system which projects the image of the pattern of the aforementioned mask on a photosensitive substrate. The 1st process which uses inspection light with the 1st wave, and inspects and adjusts the optical-character ability of the aforementioned projection optical system under the 1st environmental condition. The 2nd process which asks for use light with the 2nd wave which is different based on the difference between the 2nd environmental condition for which the aforementioned projection optical system is used, and the 1st environmental condition in the 1st process of the above in the 1st aforementioned wave at the time of the aforementioned projection optical system being used under the 2nd environmental condition. The 3rd process which adjusts the wavelength of the light outputted from the aforementioned light source in order to lead use light with the 2nd aforementioned wave called for according to the 2nd process of the above to the aforementioned projection optical system.

[Claim 8] The exposure method characterized by including the process which offers the aligner manufactured by the manufacture method of an aligner according to claim 7, the lighting process which illuminates the aforementioned mask by use light with the aforementioned 2nd wave from the aforementioned light source, and the projection process which projects the pattern image of the aforementioned mask on the aforementioned photosensitive substrate through the aforementioned projection optical system.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the aligner equipped with the light source, lighting optical system, and the projection optical system.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to manufacture elements, such as a semiconductor device and a liquid crystal display element, the aligner which carries out projection exposure of the mask as the projection original edition with which the predetermined pattern was formed on a photosensitive substrate through a projection optical system is used. The reflective refraction type projection optical system which combined the mirror as the lens as a refracted type projection optical system and an optical element of refractility and an optical element of reflection nature which consists of lenses which are the optical elements of the refractility which has a penetrable optical property to the light of exposure wavelength as a projection optical system of such an aligner is used widely.

[0003] On the other hand, the degree of integration of the element represented by a semiconductor device, the liquid crystal display element, etc. in recent years increases, and detailed-izing also of the pattern imprinted on a substrate is being enhanced. And in order to offer the projection aligner which can imprint a mask pattern good to a photosensitive substrate and to offer the aligner for manufacturing various kinds of elements including a semiconductor device with a further more high degree of integration, the very high optical-character ability which has higher resolution in the projection optical system of a projection aligner is required. In order to attain higher resolution, as soon as the numerical aperture of optical system is becoming large, an excimer laser with more short wavelength etc. is beginning to be used from the extra-high pressure mercury lamp of the former [ light source ].

[0004] the place where it is used, installing these aligners is the same as the altitude to which adjustment and evaluation of the projection optical system of an aligner are performed -- \*\*\*\* -- it does not restrict, but it is far used for the low place of average atmospheric pressure in many cases, the altitude being high and installing it If the altitude generally changes, atmospheric pressure will change and the refractive index of air will change in connection with it. If the refractive index of air changes, in the optical element of refractility, such as the above lenses, the angle of refraction of the beam of light in a refracting interface will change, and the performance of optical system will change.

[0005] Conventionally, when the adjusting-ring boundary which performs adjustment of the projection optical system of an aligner and evaluation differs in the refractive index of air from the operating environment which an aligner is installed and is used, the aligner is adjusted as follows. That is, after attaining a desired performance on an adjusting-ring boundary first, when it changes the air interval of a projection optical system etc. and moved and installs in an operating environment, the performance is intentionally changed so that a desired performance can be reproduced.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the above-mentioned conventional adjustment method, when the aberration offset for operating environments is added to a projection optical system, on an

adjusting-ring boundary, an image formation performance becomes bad too much, and exact evaluation of many performances of a projection optical system becomes difficult. For this reason, in order to check the optical-character ability in an operating environment on an adjusting-ring boundary beforehand, a large-scale facility and large-scale time, such as an atmospheric pressure adjustable chamber which is put into the whole aligner on an adjusting-ring boundary, are required. Therefore, this invention makes it a technical problem to offer the adjustment method of the aligner which can fully raise the optical-character ability in an operating environment, when the refractive index of air in an adjusting-ring boundary differs from the refractive index of the air in an operating environment.

[0007]

[Means for Solving the Problem] this invention is faced moving an aligner to the operating environment from which the refractive index of air differs, and installing, after performing adjustment of optical system and evaluation on an adjusting-ring boundary and attaining a desired performance. When only the part according to change of the refractive index of air does not add aberration offset to a projection optical system but only the part according to change of the refractive index of air changes exposure wavelength, the work of readjustment of a projection optical system is done that there is nothing, or it mitigates. Namely, the lighting optical system to which this invention illuminates the pattern on the original edition uniformly by the light from the light source and this light source, An aligner equipped with the projection optical system which projects the light which passed the aforementioned pattern on the sensitization side on a substrate, and exposes it In the adjustment method of the aforementioned aligner for using it in the operating environment in which the refractive index of air differs from this adjusting-ring boundary, after adjusting on an adjusting-ring boundary the aforementioned light source The wavelength of the light from the aforementioned light source when adjusting on the aforementioned adjusting-ring boundary is the adjustment method of the aligner characterized by using different wavelength as wavelength of the light from the aforementioned light source when being constituted so that the wavelength of the light which this light source emits can be adjusted, and using it by the aforementioned operating environment.

[0008] It is nair when [ here ] using the light of the same wavelength by the adjusting-ring boundary and the operating environment. : Refractive-index nair' of the air in an adjusting-ring boundary: Refractive index nabs of the air in an operating environment : The refractive index theta of a lens : Incident angle theta 1 of the beam of light which carries out incidence to a refracting interface : The angle of emergence theta 2 of the beam of light in an adjusting-ring boundary : If it is the angle of emergence of the beam of light in an operating environment The law of refraction (Snell's law) in an adjusting-ring boundary serves as  $n_{air} \sin \theta_1 = n_{abs} \sin \theta_2$ , and the law of refraction in an operating environment serves as  $n_{air}' \sin \theta_1 = n_{abs} \sin \theta_2$ .

[0009] In both the above-mentioned formulas, since it is  $n_{air}' \neq n_{air}$ , it is set to  $\theta_1 \neq \theta_2$ . That is, the aberration in an adjusting-ring boundary and the aberration in an operating environment will become an inevitably different thing.

[0010] Then, it is supposed that the operating wavelength  $\lambda_2$  is used in an operating environment using the adjustment wavelength  $\lambda_1$  on an adjusting-ring boundary. The refractive index nair to the adjustment wavelength  $\lambda_1$  of the air in nair and 1:adjusting-ring boundary, the refractive index nabs to the operating wavelength  $\lambda_2$  of the air in 2:operating environment, the absolute refractive index nabs to the adjustment wavelength  $\lambda_1$  of 1:lens, 2 : if it is an absolute refractive index to the operating wavelength  $\lambda_2$  of a lens The law of refraction in an adjusting-ring boundary is  $n_{air} \sin \theta_1 = n_{abs} \sin \theta_2$ , and 1 and  $\sin \theta_1 = n_{abs} \sin \theta_2$ . -- (1)

The law of refraction in a next door and an operating environment is  $n_{air}' \sin \theta_1 = n_{abs} \sin \theta_2$ , and 2 and  $\sin \theta_1 = n_{abs} \sin \theta_2$ . -- (2)

It becomes.

[0011] in order for the aberration in an adjusting-ring boundary and the aberration in an operating environment to become the same --  $\theta_1 = \theta_2$  -- it is necessary to become -- therefore, (1) and (2) formulas --  $n_{abs} \sin \theta_1 = n_{air} \sin \theta_2$ , and 1 = --  $n_{abs} \sin \theta_2 = n_{air}' \sin \theta_2$  -- (3)

It becomes. Namely, the relative index of refraction nrel of a lens, 2 to the air of the adjusting-ring

boundary in nrel and 1:adjustment wavelength lambda 1: When it is the relative index of refraction of the lens to the air of the operating environment in the operating wavelength lambda 2, it is nrel,  $1=nrel$ , and 2. -- (3a)

It becomes.

[0012] As mentioned above, in an operating environment, aberration in an adjusting-ring boundary and aberration in an operating environment can be made the same by changing into the operating wavelength lambda 2 which fills the above-mentioned (3) formula or (3a) a formula. Therefore, adjustment of the projection optical system in an operating environment can be theoretically made for there to be nothing. In addition, if distribution of each \*\* material is equal when using two or more kinds of \*\* material, (3) formulas can be filled about all lenses. Although it cannot enable it to fill (3) formulas about no lenses when distributions of each \*\* material differ, the tuning in an operating environment is mitigable by choosing the operating wavelength lambda 2 which fills (3) formulas about main \*\* material.

[0013] The 1st process which this invention uses inspection light with the 1st wave again, and inspects and adjusts the optical-character ability of optical system under the 1st environmental condition, The 2nd process which asks for use light with the 2nd wave which is different based on the difference between the 2nd environmental condition for which the aforementioned optical system is used, and the 1st environmental condition in the 1st process of the above in the 1st aforementioned wave at the time of the aforementioned optical system being used under the 2nd environmental condition, It is the adjustment method of the optical system characterized by having the 3rd process which leads use light with the 2nd aforementioned wave called for according to the 2nd process of the above to the aforementioned optical system. In addition, it is the thing in the 2nd process searched for for the 2nd wave, saying "it asks for use light." Moreover, when determining the 2nd wave as the above first conversely and asking after an appropriate time for the 1st wave, it is contained within the limits of this invention.

[0014] In order that this invention may illuminate the mask with which the further predetermined pattern was formed In the manufacture method of the aligner equipped with the light source which outputs light with predetermined criteria wavelength, and the projection optical system which projects the image of the pattern of the aforementioned mask on a photosensitive substrate The 1st process which uses inspection light with the 1st wave, and inspects and adjusts the optical-character ability of the aforementioned projection optical system under the 1st environmental condition, It is based on the difference between the 2nd environmental condition for which the aforementioned projection optical system is used, and the 1st environmental condition in the 1st process of the above. The 2nd process which asks for use light with the 2nd wave which is different in the 1st aforementioned wave at the time of the aforementioned projection optical system being used under the 2nd environmental condition, In order to lead use light with the 2nd aforementioned wave called for according to the 2nd process of the above to the aforementioned projection optical system, it is the manufacture method of the aligner characterized by having the 3rd process which adjusts the wavelength of the light outputted from the aforementioned light source. this invention is the exposure method characterized by including the process which offers further the aligner manufactured by the manufacture method of the above-mentioned aligner, the lighting process which illuminates the aforementioned mask by use light with the aforementioned 2nd wave from the aforementioned light source, and the projection process which projects the pattern image of the aforementioned mask on the aforementioned photosensitive substrate through the aforementioned projection optical system.

[0015]

[Embodiments of the Invention] A drawing explains the gestalt of operation of this invention. Drawing 1 shows the schematic diagram of the aligner which applies the adjustment method by this invention, and this aligner is used for manufacture of a semiconductor device etc. The light emitted from the light source 11 passes the lighting optical system 12, and illuminates the pattern side Ra on Reticle R uniformly. The light which passed through the pattern side Ra passes a projection optical system 13, carries out image formation of the image of the pattern side Ra to the sensitization side Wa on Wafer W, and imprints it to it.

[0016] Drawing 2 shows the structure of the excimer laser currently used as the light source of an aligner. When the light generated in the laser chamber 23 carries out both-way passage of prism 22 or the reflected type diffraction grating 21, only the light of specific wavelength is chosen, it oscillates and \*\*\*\*\* of a spectrum is attained. The \*\*\*\*\* (ed) laser beam is injected from the laser chamber 23, and the wavelength is measured through a one-way mirror 25 by the wavelength monitor 24 which used the etalon etc. When the wavelength of the laser beam measured by the wavelength monitor 24 changes, stabilization of wavelength can be attained by controlling the angle of the reflected type diffraction grating 21. When the spectral band width of a laser light source is narrow enough, it becomes unnecessary for a projection optical system to amend chromatic aberration. Therefore, since a projection optical system can be constituted from \*\* material of a single kind, it becomes possible to fill the aforementioned (3) formula about all lenses. Moreover, since oscillation wavelength can be easily changed by changing the angle of the reflected type diffraction grating 21, the tuning to an operating environment is easy.

[0017] Next, an example is given and explained. The altitude of the adjusting-ring boundary which performs adjustment of the optical system of an aligner and evaluation is made above sea level [ of 50m ], the altitude of the operating environment which installs an aligner and is actually used is made above sea level [ of 1000m ], an adjusting-ring boundary and an operating environment make temperature of air, i.e., the setting temperature of an aligner, 23 degrees C, and wavelength  $\lambda_1$  in the adjusting-ring boundary of the excimer laser which is the light source of an aligner is set to  $\lambda_1 = 0.2484 \mu\text{m}$ .

[0018] If the altitude generally becomes high, atmospheric pressure will fall. Relation between altitude  $h$  (m), atmospheric pressure  $B$  (hPa), and temperature [ of air ]  $t$  (degree C)  $h = 18400 (1 + \alpha) (\log B_0 - \log B)$  -- (4)

$B_0$ : The altitude of 0m (above sea level [ of 0m ]), the expansion coefficient of atmospheric pressure  $\alpha$ : air in 0 degree C,  $\alpha = 0.0036728$  (1-/degree C)

It is come out and given.

It is one atmospheric pressure,  $B_0 = 1013.25$  [ i.e., ], about  $B_0$ . When hPa, atmospheric pressure  $B_2$  in a with the atmospheric pressure  $B_1$  in an adjusting-ring boundary with an altitude [ of 50m ] and a temperature [ of air ] of 23 degrees C, and a temperature [ the altitude of 1000m and the temperature of 23 degrees C of air ] operating environment is  $B_1 = 1007.4207$  from (4) formulas, respectively.  $hPa_{B_2} = 902.8221$

[0019] On the other hand, the refractive index  $n_s$  to the wavelength  $\lambda$  (inside of 0.2-1.35 micrometers and a vacuum) of standard air (15 degrees C, 1013.25hPa),

$$(n_s - 1) \times 10^8 = 6432.8 + \frac{2949810}{(146 - \lambda^{-2})} + \frac{25540}{(41 - \lambda^{-2})} \quad \dots (5)$$

It is come out and given. Therefore, the refractive index  $n_s$  to adjustment wavelength

$\lambda_1 = 0.2484 \mu\text{m}$  of standard air and 1 are set to  $n_s$  and 1 = 1.0003019 from (5) formulas.

[0020] moreover, the time of the refractive index of standard air (15 degrees C, 1013.25hPa) being  $n_s$  -- the refractive index  $n_{\text{air}}$  of the air of temperature  $T$  (degree C) and atmospheric pressure  $P$  (Pa)

$$n_{\text{air}} = 1 + \frac{(n_s - 1) P (1 + 7.501 \times 10^{-3} P \beta_T) (1 + 15 \alpha)}{1.013 \times 10^5 (1 + 760 \beta_{15}) (1 + \alpha T)} \quad \dots (6)$$

However, it is given by  $\beta_T = (1.049 - 0.0157T) \times 10^{-6}$ ,  $\beta_{15} = 0.8135 \times 10^{-6}$ . Therefore, the refractive index  $n_{\text{air}}$  and 1 to adjustment wavelength  $\lambda_1 = 0.2484 \mu\text{m}$  of the air in an adjusting-ring boundary turn into  $n_{\text{air}}$  and 1 = 1.0002921 from (6) formulas.

[0021] On the other hand, since the refractive index  $n_{\text{air}}$  and 2 to the operating wavelength  $\lambda_2$  of the air in an operating environment have the strange operating wavelength  $\lambda_2$ , it is unknown for the time being. Then, if the refractive index  $n_{\text{air}}$  and 2 to the adjustment wavelength  $\lambda_1$  of the air in an operating environment (1) are calculated as the 1st approximation, it will be set to  $n_{\text{air}}$  and 2(1) = 1.0002617 from (6) formulas.



[0022] although it can also consider as the composition which could also constitute only with the lens and combined a lens and mirrors, such as a concave mirror, as a projection optical system of an aligner, make it which composition -- when using the wavelength of about 0.2484 micrometers, as \*\* material of a lens, synthetic quartz etc. is suitable, for example Then, it is as follows when all the lenses are formed by synthetic quartz. If the relative index of refraction  $n_{rel}$  of adjustment wavelength

$\lambda_1 = 0.2484$  micrometer synthetic quartz and 1 are set to  $n_{rel}$  and  $1 = 1.5083900$ , an absolute refractive index  $n_{abs}$  and 1 will be set to  $n_{abs}$ ,  $1 = n_{rel}$ ,  $1 = n_{air}$ , and  $1 = 1.5088306$ .

[0023] On the other hand, the absolute refractive index  $n_{abs}$  of the synthetic quartz in the operating environment as the 1st approximation and 2 (1) are set to  $n_{abs}$ ,  $2(1) = n_{air}$ ,  $2(1) / n_{air}$ , 1 and  $n_{abs}$ ,  $1 = n_{air}$ ,  $2(1) \times n_{rel}$ , and  $1 = 1.0002617 \times 1.5083900 = 1.5087848$  from (3) formulas. Therefore, refractive-index difference  $\Delta n$  of the synthetic quartz as the 1st approximation is set to  $\Delta n = n_{abs}$ ,  $2(1) - n_{abs}$ , and  $1 = 1.5087848 - 1.5088306 = -0.0000458$ .

[0024] Wavelength is distribution of the synthetic quartz near  $\lambda = 0.2484$  micrometer  $\Delta n / \Delta \lambda$   $\lambda = -56 \times 10^{-2}$  (micrometer-1)

If it carries out, since required amount of wavelength change  $\Delta \lambda$  will be set to  $\Delta \lambda = 8.2 \times 10^{-5}$  micrometer, the operating wavelength  $\lambda_2$  as the 1st approximation (1) is set to  $\lambda_2(1) = 0.248482$  micrometer.

[0025] In this way, since the operating wavelength  $\lambda_2$  as the 1st approximation (1) was called for, it can ask for the operating wavelength  $\lambda_2$  as the 2nd approximation (2) by repeating the above procedure. Namely, the refractive index  $n_s$  to the 1st approximation use wavelength  $\lambda_2$  of standard air (1) and 2 (1) are calculated from (5) formulas. The refractive index  $n_{air}$  and 2 to the 1st approximation use wavelength  $\lambda_2$  of the air in an operating environment (1) (2) are calculated from (6) formulas. The 2nd approximation absolute refractive index  $n_{abs}$  of the synthetic quartz in an operating environment and 2 (2) can be calculated from (3) formulas, and it can ask for the operating wavelength  $\lambda_2$  as the 2nd approximation (2) from refractive-index difference  $\Delta n$ . However, when the refractive index  $n_s$  to the 1st approximation use wavelength  $\lambda_2$  of standard air (1) and 2 (1) are calculated from (5) formulas, it is set to  $n_s$  and  $2(1) = 1.0003019$ , and there are no refractive index and great difference to the adjustment wavelength  $\lambda_1$ . That is, it has already converged fully by the 1st approximation. Therefore, the operating wavelength  $\lambda_2$  is set to  $\lambda_2 = 0.248482$  micrometer.

[0026] As mentioned above, without giving especially other optical adjustments by moving and installing the optical system which attained the desired performance on the adjusting-ring boundary with an altitude of 50m in an operating environment with an altitude of 1000m as it is, and only changing the wavelength of the light source into 0.248482 micrometers from 0.2484 micrometers, the optical-character ability in an adjusting-ring boundary can be reproduced, and it becomes possible to attain desired optical-character ability.

[0027] Next, the example using the lens composition of a concrete projection optical system is shown. The lens composition of a projection optical system is first shown in drawing 3 and Table 1. The projection scale factor of a projection optical system and NA express the numerical aperture by the side of the image of a projection optical system, and, as for the inside of the [whole item] of Table 1, and B, L expresses the distance from a body side (reticle R) to the image surface (wafer W). The number of the lens (a blank is air) with which the number of each lens side from a body side (reticle) side and the 2nd column r fill the 1st column No among a [lens item], and the distance on the optical axis from each lens side to the next lens side and the 4th column fill from each lens side to the next lens side in the radius of curvature of each lens side and the 3rd column d is expressed. The \*\* material of all lenses is synthetic quartz. In addition, each numeric value shown in Table 1 is the same at an adjusting-ring boundary and an operating environment.

[0028]

[Table 1]

[全体諸元]

B=1/5 NA=0.55 L=1200mm

[レンズ諸元]

No	r	d	
0	$\infty$	104.71662	R
1	955.26796	23.00000	L <sub>1</sub>
2	-675.53148	20.81278	
3	788.04209	24.00000	L <sub>2</sub>
4	-320.77870	7.92536	
5	-261.99847	20.00000	L <sub>3</sub>
6	-613.40707	1.04750	
7	343.77433	27.00000	L <sub>4</sub>
8	614.74297	0.97572	
9	220.40014	24.00000	L <sub>5</sub>
10	111.87626	27.04713	
11	230.00000	23.00000	L <sub>6</sub>
12	-410.00000	1.10686	
13	-2449.05000	17.00000	L <sub>7</sub>
14	118.87129	18.76700	
15	-632.77988	12.90000	L <sub>8</sub>
16	143.15226	26.88549	
17	-108.88557	15.00000	L <sub>9</sub>
18	595.22400	52.22565	
19	1526.21000	35.00000	L <sub>10</sub>
20	-168.52598	14.91509	
21	-120.87196	22.80000	L <sub>11</sub>
22	-188.10351	2.79782	
23	-3191.22000	27.00000	L <sub>12</sub>
24	-296.62706	2.87255	
25	697.45117	28.00000	L <sub>13</sub>
26	-669.27158	2.49780	
27	358.82454	27.00000	L <sub>14</sub>
28	-2986.21000	1.64701	
29	223.50971	31.00000	L <sub>15</sub>
30	-1510.16000	8.60527	
31	-3596.81000	21.00000	L <sub>16</sub>
32	141.11696	9.76890	
33	194.35300	17.00000	L <sub>17</sub>
34	157.66411	31.54706	
35	-209.96142	15.90000	L <sub>18</sub>
36	307.10883	56.68624	
37	-175.13115	18.00000	L <sub>19</sub>
38	-1162.95000	6.28784	

39	-505.38166	23.00000	L <sub>20</sub>
40	-213.39177	1.14438	
41	3114.45000	23.00000	L <sub>21</sub>
42	-339.03822	2.92283	
43	460.54759	40.00000	L <sub>22</sub>
44	-326.27369	9.43498	
45	-231.89968	27.00000	L <sub>23</sub>
46	-372.57441	1.10071	
47	390.03678	28.00000	L <sub>24</sub>
48	-1994.66000	4.83032	
49	182.18377	29.00000	L <sub>25</sub>
50	525.45378	3.29194	
51	138.67730	39.90000	L <sub>26</sub>
52	312.43609	9.82671	
53	511.48346	23.00000	L <sub>27</sub>
54	81.45867	7.04896	
55	93.64185	34.00000	L <sub>28</sub>
56	934.34560	2.00000	
57	826.70065	35.00000	L <sub>29</sub>
58	1680.21000	28.76320	
59	$\infty$		W

[0029] Drawing 4 (a) and drawing 5 (a) show the spherical aberration and distortion aberration in an operating environment with an altitude of 50m. The vertical axis of a spherical-aberration view expresses the numerical aperture of a projection optical system, and the vertical axis of a distortion aberration view expresses image quantity. Drawing 4 (b) and drawing 5 (b) show the spherical aberration and distortion aberration in the state where the projection optical system was only moved and installed to the operating environment with an altitude of 1000m, without also performing any adjustment. About -5 micrometers of spherical aberration have occurred at the maximum, and distortion aberration is also getting worse. Thus, the desired performance as an aligner cannot be demonstrated in the situation which big spherical aberration and distortion aberration have generated. On the other hand, drawing 4 (c) and drawing 5 (c) show the spherical aberration and distortion aberration in the state where exposure wavelength was changed into the operating wavelength  $\lambda/2$ , after moving a projection optical system to an operating environment. As shown in both drawings, optical-character ability equivalent to the optical-character ability in an adjusting-ring boundary can be demonstrated only by changing exposure wavelength, without performing other optical readjustment.

[0030] In addition, in the above explanation, although the case where the altitude of an operating environment was higher than the altitude of an adjusting-ring boundary was explained, even when reverse naturally, it is realized. Moreover, although the cause by which the refractive index of air in an adjusting-ring boundary and the refractive index of the air in an operating environment are different explained the case where it originated in the difference in elevation, a cause is not necessarily limited to the difference in elevation. That is, the refractive index of air is different with the LAT and temperature, and when the refractive index of air changes with these causes, it can apply this invention. Furthermore, although the above explanation explained the case where the refractive indexes of the air of an adjusting-ring boundary and an operating environment differed, the refractive index of air may be changed also during the period which is continuing using an aligner in the same operating environment. this invention is applicable in order to absorb change of the refractive index of the air in this operating environment.

[0031]

[Effect of the Invention] As mentioned above, this invention adjusts exposure wavelength so that the relative index of refraction to air may become the same. Namely, it faces moving an aligner to the operating environment from which the refractive index of air differs, and installing, after performing adjustment of optical system and evaluation on an adjusting-ring boundary and attaining a desired performance. Since only the part according to change of the refractive index of air changes exposure wavelength, the work of readjustment of a projection optical system can be done that there is nothing, or it can mitigate, and, moreover, optical-character ability equivalent to the optical-character ability in an adjusting-ring boundary can be attained in an operating environment.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The schematic diagram showing the aligner used for manufacture of a semiconductor device etc.

[Drawing 2] The schematic diagram showing the structure of the excimer laser currently used as the light source of an aligner.

[Drawing 3] Drawing showing an example of the lens composition of a projection optical system.

[Drawing 4] (a) The spherical-aberration view in the state where the wavelength of the light source was changed after moving to the spherical-aberration view, and the spherical-aberration view in the state where it only moved to the operating environment and (b) (c) operating environment in the state where adjusted on the adjusting-ring boundary and the desired performance was attained.

[Drawing 5] (a) The distortion aberration view in the state where the wavelength of the light source was changed after moving to the distortion aberration view, and the distortion aberration view in the state where it only moved to the operating environment and (b) (c) operating environment in the state where adjusted on the adjusting-ring boundary and the desired performance was attained.

[Description of Notations]

11 -- Light source 12 -- Lighting optical system

13 -- Projection optical system

R -- Reticle (mask) W -- Wafer

21 -- Reflected type diffraction grating 22 -- Prism

23 -- Laser chamber 24 -- Wavelength monitor

25 -- One-way mirror L1-L29 -- Lens

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

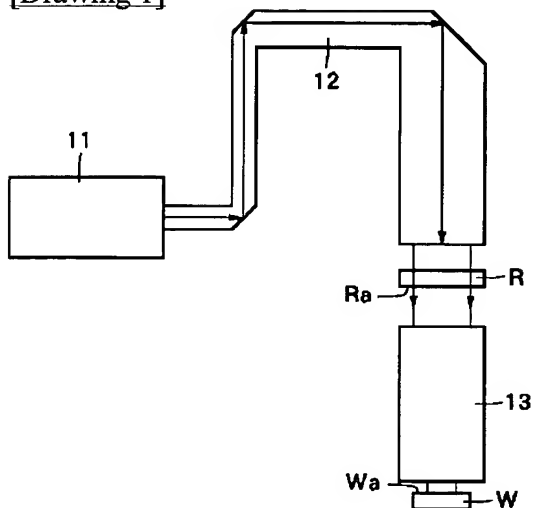
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

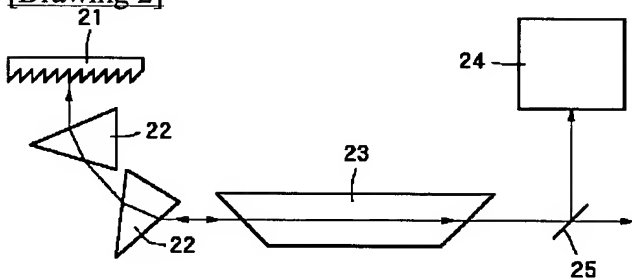
DRAWINGS

---

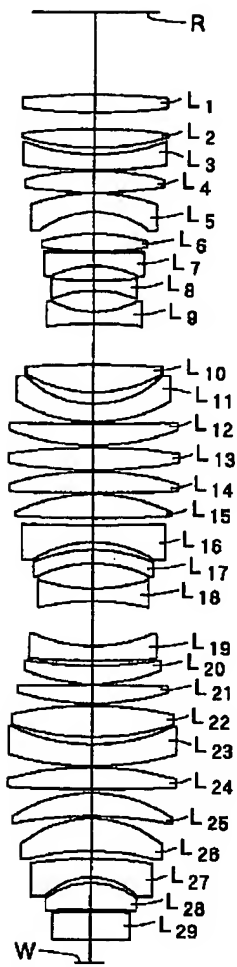
[Drawing 1]



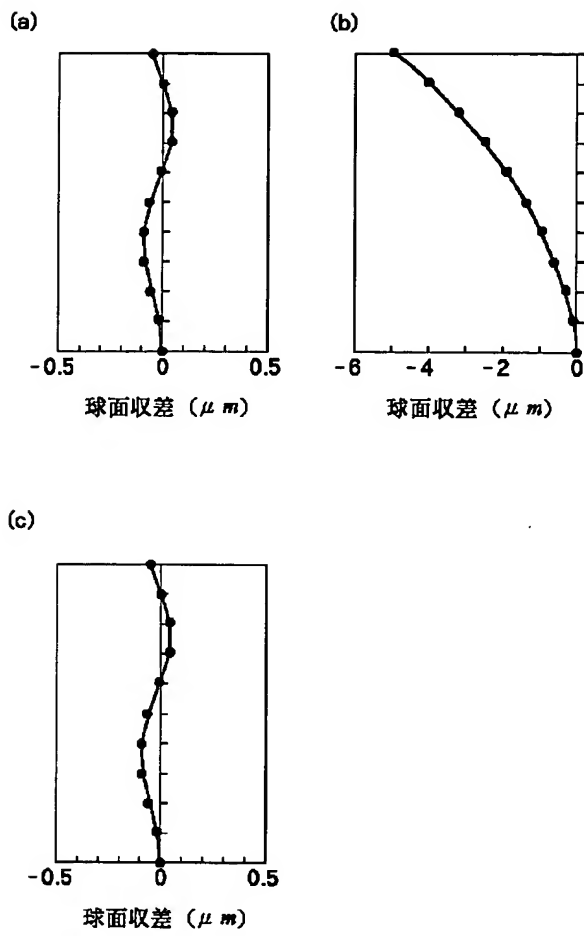
[Drawing 2]



[Drawing 3]

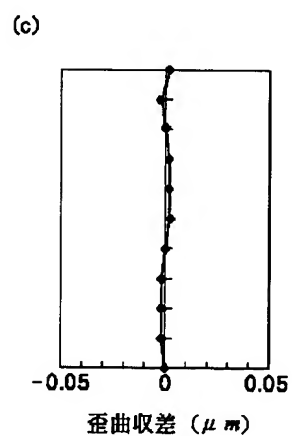
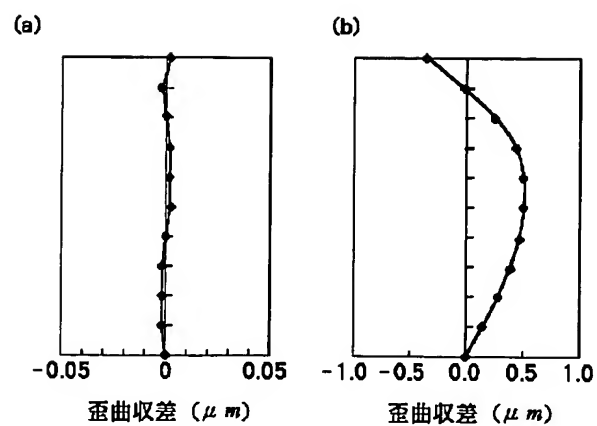


[Drawing 4]



[Drawing 5]





---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-75493

(P2000-75493A)

(43)公開日 平成12年3月14日(2000.3.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 3 F 7/20	5 0 5	G 0 3 F 7/20	5 0 5 2 H 0 9 7
	5 2 1		5 2 1 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 B
			5 1 5 D
			5 1 6 Z
審査請求 未請求 請求項の数8 F D (全 9 頁)			

(21)出願番号 特願平10-259491

(22)出願日 平成10年8月28日(1998.8.28)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 田中 一政

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72)発明者 諏訪 恭一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74)代理人 100094329

弁理士 猪熊 克彦

Fターム(参考) 2H097 BA02 BB02 CA17 GB02 LA10

5F046 AA22 BA03 CA04 CB02 CB03

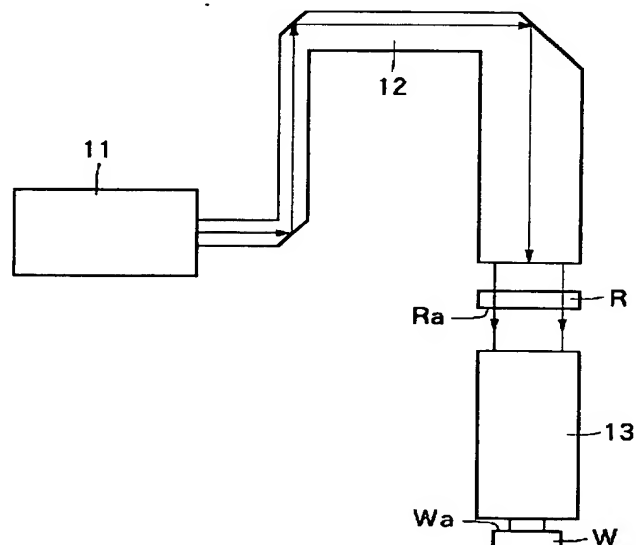
DA27

(54)【発明の名称】 露光装置及びその調整方法

(57)【要約】

【課題】調整環境における空気の屈折率と使用環境における空気の屈折率とが異なる場合に、使用環境における光学性能を十分に高めることができる露光装置の調整方法を提供する。

【解決手段】光源11と、光源からの光によって原版R上のパターンを均一に照明する照明光学系12と、パターンを通過した光を基板W上の感光面に投影して露光する投影光学系13とを備える露光装置を、調整環境にて調整した後に、調整環境とは空気の屈折率が異なる使用環境にて使用するための露光装置の調整方法において、光源11は、光源が発する光の波長を調整できるように構成され、使用環境で使用する時の光源11からの光の波長として、調整環境で調整したときの光源からの光の波長とは異なる波長を使用する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】光源と、該光源からの光によって原版上のパターンを均一に照明する照明光学系と、前記パターンを通過した光を基板上の感光面に投影して露光する投影光学系とを備える露光装置を、調整環境にて調整した後、該調整環境とは空気の屈折率が異なる使用環境にて使用するための前記露光装置の調整方法において、前記光源は、該光源が発する光の波長を調整できるように構成され、

前記使用環境で使用する時の前記光源からの光の波長として、前記調整環境で調整した時の前記光源からの光の波長とは異なる波長を使用することを特徴とする露光装置の調整方法。

【請求項 2】前記投影光学系は、屈折型光学素子のみからなり、又は屈折型光学素子と反射型光学素子とからなり、前記屈折型光学素子はすべて同一の硝材によって形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の露光装置の調整方法。

【請求項 3】前記光源は、発振波長が 250 nm 以下のレーザーであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の露光装置の調整方法。

【請求項 4】光源と、該光源からの光によって原版上のパターンを均一に照明する照明光学系と、前記パターンを通過した光を基板上の感光面に投影して露光する投影光学系とを備える露光装置において、該露光装置は、調整環境にて調整された後に該調整環境とは空気の屈折率が異なる使用環境に設置され、前記光源は、該光源が発する光の波長を調整できるように構成され、且つ前記使用環境で使用する時の前記光源からの光の波長として、前記調整環境で調整したときに用いた光の波長とは異なる波長の光を発するように調整されたことを特徴とする露光装置。

【請求項 5】第 1 波長を持つ検査光を用いて光学系の光学性能を第 1 環境条件のもとで検査及び調整する第 1 工程と、前記光学系が使用される第 2 環境条件と前記第 1 工程での第 1 の環境条件との差異に基づいて、第 2 環境条件のもとで前記光学系が使用される際における前記第 1 波長とは異なる第 2 波長を持つ使用光を求める第 2 工程と、前記第 2 工程によって求められた前記第 2 波長を持つ使用光を前記光学系へ導く第 3 工程とを有することを特徴とする光学系の調整方法。

【請求項 6】前記光学系は、マスク上に形成される所定のパターンの像を感光性基板に投影する投影光学系であることを特徴とする請求項 5 に記載の光学系の調整方法。

【請求項 7】所定のパターンが形成されたマスクを照明するために、所定の基準波長を持つ光を出力する光源と、前記マスクのパターンの像を感光性基板に投影する投影光学系とを備えた露光装置の製造方法において、

第 1 波長を持つ検査光を用いて前記投影光学系の光学性能を第 1 環境条件のもとで検査及び調整する第 1 工程と、

前記投影光学系が使用される第 2 環境条件と前記第 1 工程での第 1 の環境条件との差異に基づいて、第 2 環境条件のもとで前記投影光学系が使用される際における前記第 1 波長とは異なる第 2 波長を持つ使用光を求める第 2 工程と、

前記第 2 工程によって求められた前記第 2 波長を持つ使用光を前記投影光学系へ導くために前記光源からの出力される光の波長を調整する第 3 工程とを有することを特徴とする露光装置の製造方法。

【請求項 8】請求項 7 に記載の露光装置の製造方法によって製造された露光装置を提供する工程と、

前記光源からの前記第 2 波長を持つ使用光によって前記マスクを照明する照明工程と、

前記投影光学系を介して前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含むことを特徴とする露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光源と照明光学系と投影光学系を備えた露光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子、液晶表示素子などの素子を製造するために、所定のパターンが形成された投影原版としてのマスクを、投影光学系を介して感光性基板上に投影露光する露光装置が用いられている。このような露光装置の投影光学系としては、露光波長の光に対して透過性の光学特性を持つ屈折性の光学素子であるレンズで構成される屈折型の投影光学系や、屈折性の光学素子としてのレンズと反射性の光学素子としてのミラーを組み合わせた反射屈折型の投影光学系が広く使用されている。

【0003】他方、近年においては半導体素子、液晶表示素子などに代表される素子の集積度が高まり、基板上に転写されるパターンも微細化の一途をたどっている。そしてマスクパターンを感光性基板に良好に転写し得る投影露光装置を提供し、さらには、より高い集積度を持つ半導体素子をはじめとした各種の素子を製造するための露光装置を提供するためには、投影露光装置の投影光学系には、より高い解像力を持つ極めて高い光学性能が要求される。より高い解像力を達成するために、光学系の開口数が大きくなってきているのと同時に、光源も従来の超高圧水銀ランプから、より波長の短いエキシマレーザーなどが使われ始めている。

【0004】これらの露光装置が設置され使用される場所は、露光装置の投影光学系の調整および評価が行われる標高と同じとは限らず、はるかに標高が高く、平均気圧の低い場所に設置されて使われるケースも多い。一般

的に標高が変化すると大気圧が変化し、それに伴って空気の屈折率が変化する。空気の屈折率が変化すると、上記のようなレンズなどの屈折性の光学素子においては、屈折面での光線の屈折角が変わり、光学系の性能が変化する。

【0005】従来は、露光装置の投影光学系の調整、評価を行う調整環境と、露光装置が設置、使用される使用環境とで空気の屈折率が異なる場合に、次のようにして露光装置を調整している。すなわちまず調整環境において所望の性能を達成した後に、投影光学系の空気間隔などを変更して、使用環境に移動、設置した場合に所望の性能が再現できるように、意図的に性能を変化させている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の調整方法では、使用環境向けの収差オフセットを投影光学系に加えた場合に、調整環境においては結像性能が悪くなりすぎて、投影光学系の諸性能の正確な評価が困難になる。このため、使用環境での光学性能をあらかじめ調整環境において確認するためには、調整環境において露光装置全体が入れられるような気圧可変チャンバーなどの大掛かりな設備と時間が必要である。したがって本発明は、調整環境における空気の屈折率と使用環境における空気の屈折率とが異なる場合に、使用環境における光学性能を十分に高めることができる露光装置の調整方法を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、調整環境において光学系の調整、評価を行って所望の性能を達成した後に、空気の屈折率が異なる使用環境に露光装置を移動して設置するに際して、空気の屈折率の変化に応じた分だけ投影光学系に収差オフセットを加えるのではなく、空気の屈折率の変化に応じた分だけ露光波長を変化させることによって、投影光学系の再調整の作業を皆無とし、あるいは軽減するものである。すなわち本発明は、光源と、該光源からの光によって原板上のパターンを均一に照明する照明光学系と、前記パターンを通過した光を基板上の感光面に投影して露光する投影光学系とを備える露光装置を、調整環境にて調整した後に、該調整環境とは空気の屈折率が異なる使用環境にて使用するための前記露光装置の調整方法において、前記光源は、該光源が発する光の波長を調整できるように構成され、前記使用環境で使用するときの前記光源からの光の波長として、前記調整環境で調整したときの前記光源からの光の波長とは異なる波長を使用することを特徴とする露光装置の調整方法である。

【0008】ここで、もしも調整環境と使用環境とで同一の波長の光を用いることとした場合には、

$n_{\text{air}}$  : 調整環境における空気の屈折率

$n_{\text{air}}'$  : 使用環境における空気の屈折率

$n_{\text{abs}}$  : レンズの屈折率

$\theta$  : 屈折面へ入射する光線の入射角

$\theta_1$  : 調整環境における光線の射出角

$\theta_2$  : 使用環境における光線の射出角

とすると、調整環境における屈折の法則（スネルの法則）は、

$$n_{\text{air}} \cdot \sin \theta = n_{\text{abs}} \cdot \sin \theta_1$$

となり、使用環境における屈折の法則は、

$$n_{\text{air}}' \cdot \sin \theta = n_{\text{abs}} \cdot \sin \theta_2$$

となる。

【0009】上記両式において、

$$n_{\text{air}} \neq n_{\text{air}}'$$

であるから、

$$\theta_1 \neq \theta_2$$

となる。すなわち、調整環境における収差と使用環境における収差とは、必然的に異なるものになってしまう。

【0010】そこで、調整環境においては調整波長 $\lambda_1$ を用い、使用環境においては使用波長 $\lambda_2$ を用いることとし、

$n_{\text{air},1}$  : 調整環境における空気の調整波長 $\lambda_1$ に対する屈折率

$n_{\text{air},2}$  : 使用環境における空気の使用波長 $\lambda_2$ に対する屈折率

$n_{\text{abs},1}$  : レンズの調整波長 $\lambda_1$ に対する絶対屈折率

$n_{\text{abs},2}$  : レンズの使用波長 $\lambda_2$ に対する絶対屈折率

とすると、調整環境における屈折の法則は、

$$n_{\text{air},1} \cdot \sin \theta = n_{\text{abs},1} \cdot \sin \theta_1 \quad \cdots (1)$$

となり、使用環境における屈折の法則は、

$$n_{\text{air},2} \cdot \sin \theta = n_{\text{abs},2} \cdot \sin \theta_2 \quad \cdots (2)$$

となる。

【0011】調整環境における収差と、使用環境における収差とが同一となるためには、

$$\theta_1 = \theta_2$$

となる必要があり、したがって（１）、（２）式より、

$$n_{\text{abs},1} / n_{\text{air},1} = n_{\text{abs},2} / n_{\text{air},2} \quad \cdots (3)$$

となる。すなわち、

$n_{\text{rel},1}$  : 調整波長 $\lambda_1$ における調整環境の空気に対するレンズの相対屈折率

$n_{\text{rel},2}$  : 使用波長 $\lambda_2$ における使用環境の空気に対するレンズの相対屈折率

とすると、

$$n_{\text{rel},1} = n_{\text{rel},2} \quad \cdots (3a)$$

となる。

【0012】以上より、使用環境において、上記（３）式又は（３a）式を満たす使用波長 $\lambda_2$ に変更することにより、調整環境における収差と使用環境における収差とを同一とすることができる。したがって、使用環境での投影光学系の調整を、原理的に皆無とすることができる。なお、複数種類の硝材を使用する場合において、各硝材の分散が等しければ、すべてのレンズについて

(3) 式を満たすことができる。各硝材の分散が異なるときには、すべてのレンズについて(3)式を満たすようにすることはできないが、主たる硝材について(3)式を満たす使用波長 $\lambda_2$ を選択することにより、使用環境での調整作業を軽減することができる。

【0013】本発明はまた、第1波長を持つ検査光を用いて光学系の光学性能を第1環境条件のもとで検査及び調整する第1工程と、前記光学系が使用される第2環境条件と前記第1工程での第1の環境条件との差異に基づいて、第2環境条件のもとで前記光学系が使用される際における前記第1波長とは異なる第2波長を持つ使用光を求める第2工程と、前記第2工程によって求められた前記第2波長を持つ使用光を前記光学系へ導く第3工程とを有することを特徴とする光学系の調整方法である。なお、第2工程における「使用光を求める」とは、第2波長を求めることである。また、上記とは逆に、第2波長をまず定め、しかる後に第1波長を求める場合も、本発明の範囲内に含まれる。

【0014】本発明は更に、所定のパターンが形成されたマスクを照明するために、所定の基準波長を持つ光を出力する光源と、前記マスクのパターンの像を感光性基板に投影する投影光学系とを備えた露光装置の製造方法において、第1波長を持つ検査光を用いて前記投影光学系の光学性能を第1環境条件のもとで検査及び調整する第1工程と、前記投影光学系が使用される第2環境条件と前記第1工程での第1の環境条件との差異に基づいて、第2環境条件のもとで前記投影光学系が使用される際における前記第1波長とは異なる第2波長を持つ使用光を求める第2工程と、前記第2工程によって求められた前記第2波長を持つ使用光を前記投影光学系へ導くために前記光源からの出力される光の波長を調整する第3工程とを有することを特徴とする露光装置の製造方法である。本発明は更に、上記露光装置の製造方法によって製造された露光装置を提供する工程と、前記光源からの前記第2波長を持つ使用光によって前記マスクを照明する照明工程と、前記投影光学系を介して前記マスクのパターン像を前記感光性基板に投影する投影工程とを含むことを特徴とする露光方法である。

$$h = 18400 (\log B_0 - \log B) (1 + \alpha t) \quad \cdots (4)$$

$B_0$ : 標高0m(海拔0m)、0℃での大気圧

$\alpha$ : 空気の膨張係数、 $\alpha = 0.0036728 (1/^\circ\text{C})$

で与えられる。

$B_0$ を1気圧、すなわち、

$B_0 = 1013.25 \text{ hPa}$

とすると、(4)式より、標高50m、空気の温度23℃の調整環境での大気圧 $B_1$ と、標高1000m、空気

$$(n_s - 1) \times 10^8 = 6432.8 + \frac{2949810}{(146 - \lambda^{-2})} + \frac{25540}{(41 - \lambda^{-2})} \quad \cdots (5)$$

で与えられる。したがって、標準空気の調整波長 $\lambda_1 =$

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面によって説明する。図1は、本発明による調整方法を適用する露光装置の概略図を示し、この露光装置は、半導体素子等の製造に使用される。光源11より発した光は、照明光学系12を通過し、レチクルR上のパターン面Raを均一に照明する。パターン面Raを通過した光は、投影光学系13を通過し、ウエハW上の感光面Waにパターン面Raの像を結像して転写する。

【0016】図2は、露光装置の光源として使われているエキシマレーザーの構造を示す。レーザーチャンバー23で発生した光は、プリズム22や反射型回折格子21を往復通過することにより、特定の波長の光だけが選択されて発振し、スペクトルの狭帯化が図られる。狭帯化されたレーザー光は、レーザーチャンバー23より射出し、その波長は、ハーフミラー25を介して、エタロンなどを使用した波長モニター24によって測定される。波長モニター24によって測定されたレーザー光の波長が変化した場合に、反射型回折格子21の角度をコントロールすることにより、波長の安定化を図ることができる。レーザー光源のスペクトル幅が十分に狭い場合は、投影光学系は色収差の補正を行う必要がなくなる。したがって、単一種類の硝材で投影光学系を構成することができるから、すべてのレンズについて前記

(3)式を満たすことが可能となる。また、反射型回折格子21の角度を変更することにより、発振波長を容易に変更することができるから、使用環境に対する調整作業は容易である。

【0017】次に、具体例を挙げて説明する。露光装置の光学系の調整、評価を行う調整環境の標高を海拔50mとし、露光装置を設置し実際に使用する使用環境の標高を海拔1000mとし、空気の温度すなわち露光装置の設定温度を調整環境、使用環境とも23℃とし、露光装置の光源であるエキシマレーザーの調整環境での波長 $\lambda_1$ を $\lambda_1 = 0.2484 \mu\text{m}$ とする。

【0018】一般的に標高が高くなると気圧が下がる。標高h(m)と気圧B(hPa)と空気の温度t(℃)との関係は、

の温度23℃の使用環境での大気圧 $B_2$ は、それぞれ、

$B_1 = 1007.4207 \text{ hPa}$

$B_2 = 902.8221 \text{ hPa}$

となる。

【0019】他方、標準空気(15℃、1013.25hPa)の波長 $\lambda$ (0.2~1.35 $\mu\text{m}$ 、真空中)に対する屈折率 $n_s$ は、

0.2484 $\mu\text{m}$ に対する屈折率 $n_{s1}$ は、(5)式よ

り、

$n_{s,1} = 1.0003019$   
となる。

$$n_{air} = 1 + \frac{(n_s - 1)P(1 + 7.501 \times 10^{-3}P\beta_T)(1 + 15\alpha)}{1.013 \times 10^5(1 + 760\beta_{15})(1 + \alpha T)} \quad \dots (6)$$

但し、 $\beta_T = (1.049 - 0.0157T) \times 10^{-6}$   
 $\beta_{15} = 0.8135 \times 10^{-6}$   
で与えられる。したがって、調整環境での空気の調整波  
長 $\lambda_1 = 0.2484 \mu m$ に対する屈折率 $n_{air,1}$ は、

(6)式より、

$n_{air,1} = 1.0002921$   
となる。

【0021】他方、使用環境での空気の使用波長 $\lambda_2$ に  
対する屈折率 $n_{air,2}$ は、使用波長 $\lambda_2$ が未知のために、  
当面不明である。そこで第1近似として、使用環境での  
空気の調整波長 $\lambda_1$ に対する屈折率 $n_{air,2(1)}$ を求め  
ると、(6)式より、

$n_{air,2(1)} = 1.0002617$   
となる。

【0022】露光装置の投影光学系としては、レンズの  
みによって構成することもできるし、レンズと凹面鏡な  
どのミラーとを組み合わせた構成とすることもできる  
が、いずれの構成にしろ、 $0.2484 \mu m$ 程度の波長  
を使用するときには、レンズの硝材としては、たとえば  
合成石英などが適する。そこで、すべてのレンズを合成  
石英によって形成した場合には、以下ようになる。調  
整波長 $\lambda_1 = 0.2484 \mu m$ での合成石英の相対屈折  
率 $n_{rel,1}$ を、

$n_{rel,1} = 1.5083900$

とすると、絶対屈折率 $n_{abs,1}$ は、

$n_{abs,1} = n_{rel,1} \times n_{air,1} = 1.5088306$   
となる。

【0023】他方、第1近似としての使用環境での合成  
石英の絶対屈折率 $n_{abs,2(1)}$ は、(3)式より、

$n_{abs,2(1)} = n_{air,2(1)} / n_{air,1} \cdot n_{abs,1}$   
 $= n_{air,2(1)} \times n_{rel,1}$

$= 1.0002617 \times 1.5083900$   
 $= 1.5087848$

となる。したがって第1近似としての合成石英の屈折率  
差 $\Delta n$ は、

$\Delta n = n_{abs,2(1)} - n_{abs,1}$   
 $= 1.5087848 - 1.5088306$   
 $= -0.0000458$

となる。

【0024】波長が $\lambda = 0.2484 \mu m$ 付近での合成  
石英の分散を、

$\Delta n / \Delta \lambda = -56 \times 10^{-2} (\mu m^{-1})$

とすると、必要な波長変更量 $\Delta \lambda$ は、

$\Delta \lambda = 8.2 \times 10^{-5} \mu m$

【0020】また、標準空気(15℃、1013.25  
hPa)の屈折率が $n_s$ のとき、温度 $T$ (℃)、気圧 $P$   
(Pa)の空気の屈折率 $n_{air}$ は、

となるから、第1近似としての使用波長 $\lambda_{2(1)}$ は、

$\lambda_{2(1)} = 0.248482 \mu m$

となる。

【0025】こうして、第1近似としての使用波長 $\lambda_{2(1)}$   
が求められたから、以上の手順を繰り返すことによ  
って、第2近似としての使用波長 $\lambda_{2(2)}$ を求めることが  
できる。すなわち、標準空気の第1近似使用波長 $\lambda_{2(1)}$   
に対する屈折率 $n_{s,2(1)}$ を(5)式より求め、使用環境  
での空気の第1近似使用波長 $\lambda_{2(1)}$ に対する屈折率 $n_{air,2(2)}$   
を(6)式より求め、使用環境での合成石英の  
第2近似絶対屈折率 $n_{abs,2(2)}$ を(3)式より求め、屈  
折率差 $\Delta n$ より第2近似としての使用波長 $\lambda_{2(2)}$ を求め  
ることができる。しかしながら、標準空気の第1近似使  
用波長 $\lambda_{2(1)}$ に対する屈折率 $n_{s,2(1)}$ を(5)式より求  
めると、

$n_{s,2(1)} = 1.0003019$

となり、調整波長 $\lambda_1$ に対する屈折率と大差がない。す  
なわち、第1近似にて既に十分に収束している。したが  
って使用波長 $\lambda_2$ は、

$\lambda_2 = 0.248482 \mu m$

となる。

【0026】以上より、標高50mの調整環境において  
所望の性能を達成した光学系を、そのまま標高1000  
mの使用環境に移動、設置し、単に光源の波長を $0.2484 \mu m$ から  
 $0.248482 \mu m$ に変更することにより、その他の光学的な調整を特に施すことなく、調整  
環境での光学性能が再現でき、所望の光学性能を達成す  
ることが可能となる。

【0027】次に、具体的な投影光学系のレンズ構成を  
使った例を示す。まず投影光学系のレンズ構成を図3と  
表1に示す。表1の[全体諸元]中、Bは投影光学系の  
投影倍率、NAは投影光学系の像側での開口数、Lは物  
体面(レチクルR)から像面(ウエハW)までの距離を  
表している。[レンズ諸元]中、第1欄Noは物体側  
(レチクル)側からの各レンズ面の番号、第2欄rは各  
レンズ面の曲率半径、第3欄dは各レンズ面から次のレ  
ンズ面までの光軸上の距離、第4欄は各レンズ面から次  
のレンズ面までを満たすレンズ(空欄は空気)の番号を  
表している。すべてのレンズの硝材は合成石英である。  
なお表1に示す各数値は、調整環境と使用環境とで同じ  
である。

【0028】

【表1】

[全体諸元]

B=1/5 NA=0.55 L=1200mm

[レンズ諸元]

No	r	d	
0	$\infty$	104.71662	R
1	955.26796	23.00000	L <sub>1</sub>
2	-675.53148	20.81278	
3	788.04209	24.00000	L <sub>2</sub>
4	-320.77870	7.92536	
5	-261.99847	20.00000	L <sub>3</sub>
6	-613.40707	1.04750	
7	343.77433	27.00000	L <sub>4</sub>
8	614.74297	0.97572	
9	220.40014	24.00000	L <sub>5</sub>
10	111.87626	27.04713	
11	230.00000	23.00000	L <sub>6</sub>
12	-410.00000	1.10686	
13	-2449.05000	17.00000	L <sub>7</sub>
14	118.87129	18.76700	
15	-632.77988	12.90000	L <sub>8</sub>
16	143.15226	26.88549	
17	-108.88557	15.00000	L <sub>9</sub>
18	595.22400	52.22565	
19	1526.21000	35.00000	L <sub>10</sub>
20	-168.52598	14.91509	
21	-120.87196	22.80000	L <sub>11</sub>
22	-188.10351	2.79782	
23	-3191.22000	27.00000	L <sub>12</sub>
24	-296.62706	2.87255	
25	697.45117	28.00000	L <sub>13</sub>
26	-669.27158	2.49780	
27	358.82454	27.00000	L <sub>14</sub>
28	-2986.21000	1.64701	
29	223.50971	31.00000	L <sub>15</sub>
30	-1510.16000	8.60527	
31	-3596.81000	21.00000	L <sub>16</sub>
32	141.11696	9.76890	
33	194.35300	17.00000	L <sub>17</sub>
34	157.66411	31.54706	
35	-209.96142	15.90000	L <sub>18</sub>
36	307.10883	56.68624	
37	-175.13115	18.00000	L <sub>19</sub>
38	-1162.95000	6.28784	

39	-505.38166	23.00000	L <sub>20</sub>
40	-213.39177	1.14438	
41	3114.45000	23.00000	L <sub>21</sub>
42	-339.03822	2.92283	
43	460.54759	40.00000	L <sub>22</sub>
44	-326.27369	9.43498	
45	-231.89968	27.00000	L <sub>23</sub>
46	-372.57441	1.10071	
47	390.03678	28.00000	L <sub>24</sub>
48	-1994.66000	4.83032	
49	182.18377	29.00000	L <sub>25</sub>
50	525.45378	3.29194	
51	138.67730	39.90000	L <sub>26</sub>
52	312.43609	9.82671	
53	511.48346	23.00000	L <sub>27</sub>
54	81.45867	7.04896	
55	93.64185	34.00000	L <sub>28</sub>
56	934.34560	2.00000	
57	826.70065	35.00000	L <sub>29</sub>
58	1680.21000	28.76320	
59	$\infty$		W

【0029】図4(a)と図5(a)は、標高50mの使用環境における球面収差と歪曲収差を示す。球面収差図の縦軸は投影光学系の開口数を表し、歪曲収差図の縦軸は像高を表す。図4(b)と図5(b)は、なんらの調整も行わずに、単に投影光学系を標高1000mの使用環境へ移動、設置した状態での球面収差と歪曲収差を示す。球面収差が最大で $-5\mu\text{m}$ 程度発生しており、歪曲収差も悪化している。このように大きな球面収差や歪曲収差が発生している状況では、露光装置としての所望の性能を発揮することができない。他方、図4(c)と図5(c)は、投影光学系を使用環境へ移動した後に、露光波長を使用波長 $\lambda_2$ に変更した状態での球面収差と歪曲収差を示す。両図に示すように、単に露光波長を変更するだけで、その他の光学的な再調整を行うことなく、調整環境での光学性能と同等の光学性能を発揮することができる。

【0030】なお、以上の説明では、調整環境の標高よりも、使用環境の標高の方が高い場合について説明したが、当然に逆の場合でも成り立つ。また、調整環境における空気の屈折率と使用環境における空気の屈折率とが相違する原因が、標高差に起因する場合について説明したが、原因は必ずしも標高差に限定される訳ではない。すなわち空気の屈折率は、緯度や温度によっても相違するが、これらの原因によって空気の屈折率が変化する場合にも、本発明を適用することができる。更に、以上の説明では、調整環境と使用環境との空気の屈折率が異なる場合について説明したが、同一の使用環境において露光装置を使用し続けている期間中にも、空気の屈折率は変動しうる。この使用環境における空気の屈折率の変動

を吸収するためにも、本発明を適用することができる。

【0031】

【発明の効果】以上のように本発明は、空気に対する相対屈折率が同じになるように、露光波長を調整するものである。すなわち、調整環境において光学系の調整、評価を行って所望の性能を達成した後に、空気の屈折率が異なる使用環境に露光装置を移動して設置するに際して、空気の屈折率の変化に応じた分だけ露光波長を変化させるものであるから、投影光学系の再調整の作業を皆無とし、あるいは軽減することができ、しかも調整環境での光学性能と同等の光学性能を使用環境において達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 半導体素子等の製造に使用される露光装置を示す概略図。

【図2】 露光装置の光源として使われているエキシマレーザーの構造を示す概略図。

【図3】 投影光学系のレンズ構成の一例を示す図。

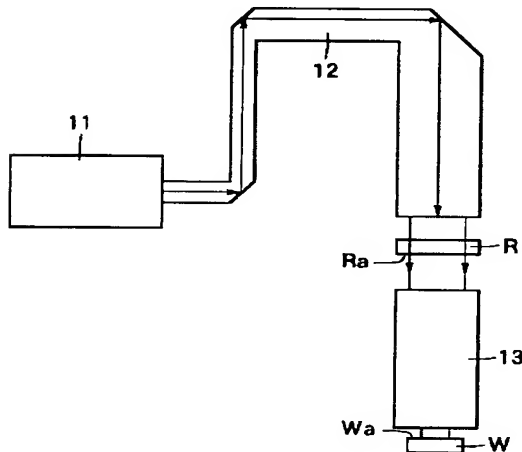
【図4】 (a) 調整環境で調整して所望の性能を達成した状態での球面収差図、(b) 単に使用環境に移動した状態での球面収差図、及び(c) 使用環境に移動した後に光源の波長を変更した状態での球面収差図。

【図5】 (a) 調整環境で調整して所望の性能を達成した状態での歪曲収差図、(b) 単に使用環境に移動した状態での歪曲収差図、及び(c) 使用環境に移動した後に光源の波長を変更した状態での歪曲収差図。

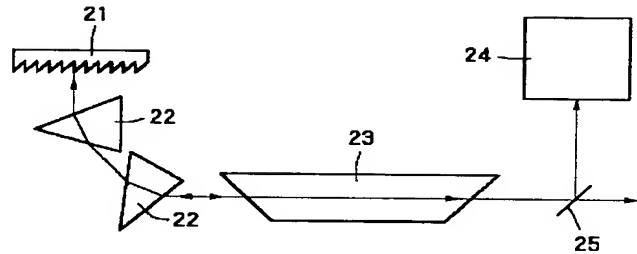
【符号の説明】

- |              |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| 11…光源        | 12…照明光学系                             |
| 13…投影光学系     |                                      |
| R…レチクル(マスク)  | W…ウエハ                                |
| 21…反射型回折格子   | 22…プリズム                              |
| 23…レーザーチャンパー | 24…波長モニター                            |
| 25…ハーフミラー    | L <sub>1</sub> ~L <sub>29</sub> …レンズ |

【図1】

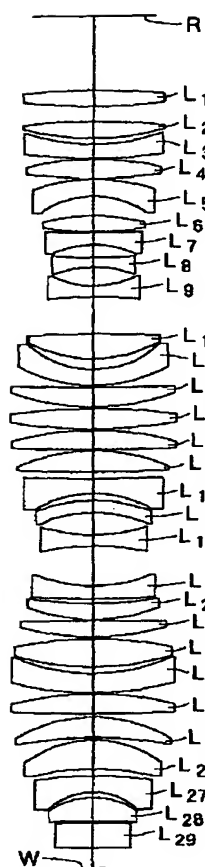


【図2】

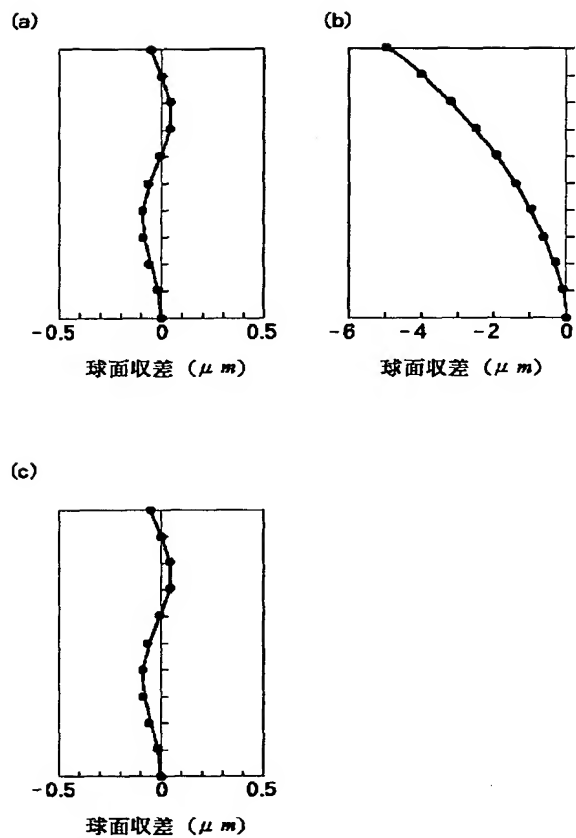




【図3】



【図4】



【図 5】

